

Рис. 9. Результат правил нечеткого вывода для покрытий гальванического цеха

Материал поступил в редакцию 08.05.13

УДК 691:620.19:(083.7)

Яловая Ю.С.

РЕЙТИНГОВЫЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ДОКУМЕНТАМ РАЗЛИЧНЫХ СТРАН

Введение. В настоящее время одной из наиболее актуальных градостроительных проблем является качество строительства, определяющее срок службы зданий. Как правило, строительные конструкции зданий и сооружений со значительным сроком службы имеют те или иные повреждения. Выявление этих дефектов осуществляется при плановых и внеплановых обследованиях технического состояния конструкций. Правильное определение дефектов строительных конструкций, а также прогноз тенденций их изменения необходимы для принятия оптимальных решений по эксплуатационным воздействиям для поддержания работоспособного состояния зданий и сооружений.

Существующие методы оценивания технического состояния зданий и сооружений базируются в основном на инструментальных исследованиях, рассчитаны на проведение больших организационных мероприятий и требуют привлечения значительных трудовых и денежных ресурсов. Кроме того, современные здания и сооружения характеризуются наличием элементов и конструкций, точную информацию о которых невозможно получить в реальный отрезок времени из-за необходимости проведения дорогостоящих инструментальных исследований. В соответствии с действующими нормами обследование технического состояния принято разделять на визуальное (начальное) и детальное (инструментальное) обследование. Наиболее сложная оценка относится к визуальному обследованию.

Подходы, принятые при оценке технического состояния в нормах. В Республике Беларусь действует ТКП [1], в соответствии с которым конструкции по техническому состоянию относят к следующим категориям:

- I – исправное (хорошее) состояние – малозначительные дефекты устраняются в процессе технического обслуживания.
- II – неисправное (удовлетворительное) состояние – дефекты устраняются в процессе технического обслуживания и текущего ремонта.
- III – ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние – опасность обрушения отсутствует. Необходимо соблюдение всех эксплуатационных требований. Возможны ограничения некоторых параметров эксплуатации. Требуется ремонт.
- IV – неработоспособное (неудовлетворительное) состояние – необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов или конструкций (уточняется расчетом).
- V – предельное (предварийное) состояние – требуется вывод людей из опасной зоны, срочная разгрузка конструкций и (или) устройство временных креплений с последующей разборкой и заменой конструкций.

В зависимости от класса дефектов, степени их распространения, а также от назначенной степени ответственности участка (элемента конструкции или системы), в котором обнаружены данные дефекты, определяют категорию технического состояния конструкции в соответствии с таблицей 1.

Для отнесения конструкции к конкретной категории технического состояния необходимо наличие указанного в таблице 1 сочетания параметров дефектов в любом из элементов (участков) конструкции определенной степени ответственности.

Таблица 1. Определение категории технического состояния

Степень распространения дефектов	Категория технического состояния конструкций при различных классах дефектов		
	Критические (1 класс)	Значительные (2 класс)	Малозначительные (3 класс)
Массовые	$\frac{V}{IV, V}$	$\frac{IV, V}{III}$	$\frac{III}{II, III}$
Многочисленные	$\frac{V}{IV}$	$\frac{IV}{II, III}$	$\frac{II, III}{II}$
Единичные	$\frac{IV, V}{III, IV}$	$\frac{III}{II}$	$\frac{II}{I}$

Примечание: В числителе приведены категории для элементов первой степени ответственности, в знаменателе – второй степени ответственности.

В Российской Федерации [2] в зависимости от имеющихся повреждений, техническое состояние конструкций классифицируется по 5 категориям (состояниям):

Категория 1 – Нормальное состояние.

Категория 2 – Удовлетворительное состояние.

Категория 3 – Неудовлетворительное состояние.

Категория 4 – Предаварийное состояние.

Категория 5 – Аварийное состояние.

К категории 1 относятся конструкции, усилия в элементах которых не превышают допустимые по расчету, т.е. отсутствуют видимые повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности. При этом могут быть отдельные раковины, выбоины в пределах защитного слоя.

К категории 2 относятся конструкции, потеря несущей способности которых не превышает 5 %, но имеющиеся в них дефекты способны со временем снизить долговечность конструкции. К дефектам конструкций этой категории относятся такие, как повреждение защитного слоя, частичная коррозия арматуры и др.

К категории 3 относятся конструкции не пригодные к дальнейшей нормальной эксплуатации. Конструкция перегружена, или имеются дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении ее несущей способности. В этом случае необходим поверочный расчет несущей способности конструкции и выполнение работ по ремонту и усилению.

К категории 4 относятся конструкции, дефекты и повреждения которых не могут гарантировать сохранность конструкции и безопасность ее эксплуатации. Для конструкций этой категории необходим капитальный ремонт с усилением. До проведения усиления необходимо ограничение нагрузок и принятие необходимых мер по безопасности.

Категория 5 включает конструкции, находящиеся в аварийном состоянии, установленном на основании поверочных расчетов и анализа дефектов и повреждений. В этом случае нет гарантии сохранности конструкций на период усиления. Конструкции подлежат замене или требуют капитальных ремонтно-восстановительных работ с немедленной разгрузкой конструкции и устройством временных креплений.

В [2] также приведены предельные значения дефектов железобетонных колонн и их характерные повреждения приведены в таблице 2.

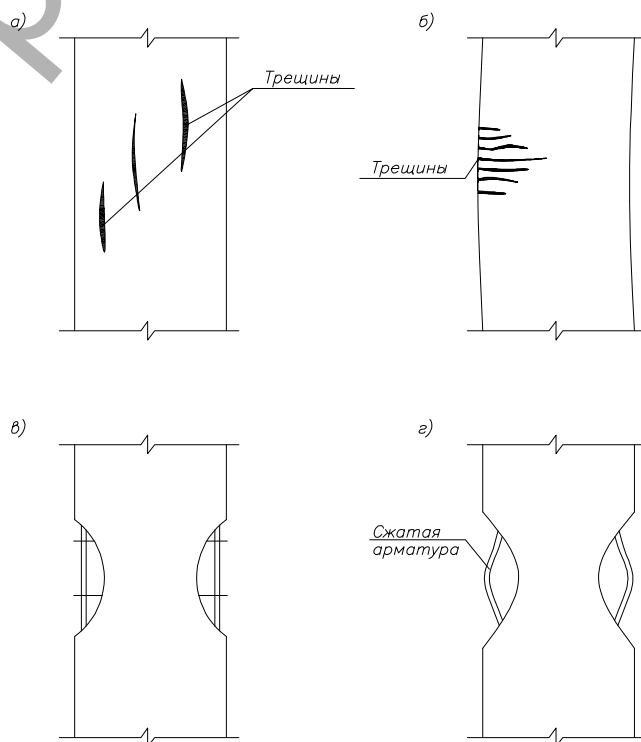
Результаты экспериментальных и численных исследований моделирования срока службы железобетонных конструкций показали, что главными влияющими параметрами являются коррозия арматуры, трещины и отслоение защитного слоя бетона, которые и приводят к уменьшению срока службы железобетонных конструкций [3]. При структурной оценке конструкции используются 2 основных метода: условный метод оценки и исполнительный метод оценки. Условный метод оценки применяется до того, как принято решение

относительно уровня ремонта разрушающейся конструкции. Полученные результаты сравниваются с результатами стандартных отклонений и проверяются (корректируются данные проектирования с данными экспериментально установленными). В условном методе оценки идет сравнение с коэффициентом безопасности оценки LRFA (нагрузка и коэффициент, вводимый к сопротивлению, используемый в США). Основные виды потенциальных типов повреждений – это коррозия, ухудшения качества бетона, трещины, строительные дефекты и др. Функция повреждения M_m определяется как сумма определенных периодов (сроков) одного из каждого i -го типа повреждения, фактически видимого на конструкции (формула 1):

$$M_m = \sum_i B_i K_{2i} K_{3i} K_{4i} \quad (1)$$

Таблица 2. Предельно допустимые значения параметров дефектов для различных категорий состояния железобетонных колонн

№ п/п	Вид разрушения	Категории				
		1	2	3	4	5
1	Ширина раскрытия продольных (вертикальных) трещин (рис. 1а), мм	–	0,2	0,3	0,4	более 0,4
2	Ширина раскрытия поперечных (горизонтальных) трещин (рис. 1б), мм	0,1	0,3	0,4	0,5	более 0,5
3	Уменьшение поперечного сечения колонны в результате коррозии бетона (рис. 1в), %	5	10	15	25	более 25
4	Уменьшение поперечного сечения продольной арматуры в результате коррозии (рис. 1в), %	–	5	10	20	более 20
5	Выпучивание сжатой арматуры (рис. 1г)	–	–	–	+	+



а) продольные трещины; б) поперечные трещины; в) коррозия бетона и арматуры; г) выпучивание сжатых стержней арматуры

Рис. 1. Дефекты железобетонных колонн

где B_i – основная оценка i -го типа повреждения, которая выражает потенциальное влияние на безопасность и срок службы элемента существующей конструкции (оценивается в диапазоне 1–4);

K_{2i} – коэффициент интенсивности для i -го повреждения, определяемый качественными визуальными критериями и экспериментальными измерениями в градации четырех рангов (оценивается в диапазоне 0,5–2);

K_{3i} – коэффициент распространения для i -го повреждения в пределах (в рамках) элементов под рассмотрением (оценивается в диапазоне 0,5–2);

K_{4i} – безотлагательность вмешательства для i -го повреждения (оценивается в диапазоне 1–5).

Условный коэффициент оценки (CR) вычисляется как отношение наблюдаемого повреждения функции M_m к максимально возможному повреждению M_{ref} и определяется по формуле 2:

$$CR = M_m / M_{ref}, \quad (2)$$

На основании полученного значения условного фактора оценки можно определить класс ухудшений и оценку ухудшающего фактора α_R (таблица 3).

Таблица 3. Классификация ухудшений

Класс	Описание состояния	CR	α_R
I	Нет дефектов, только строительные недостатки	0-5	0,3
II	Низкая степень ухудшения, которая только после длительного периода времени может стать причиной снижения работоспособности и долговечности поврежденного элемента конструкции, если не отремонтировать в надлежащее время	3–10	0,4
III	Средняя степень ухудшения, что может стать причиной снижения работоспособности и долговечности поврежденного элемента конструкции, но не требующая каких-либо ограничений в использовании конструкции	7–15	0,5
IV	Высокая степень ухудшения, снижение работоспособности и долговечности поврежденного элемента конструкции, но не требующая серьезных ограничений в использовании	15–25	0,6
V	Очень тяжелые ухудшения, требующие ограничения в использовании, поддержание наиболее важных элементов или иные меры защиты	22–35	0,7
VI	Критический износ, требующий немедленного поддержания элемента и сильного ограничения в использовании	≥ 30	0,8

Методика оценки повреждений основана на применении понижающего коэффициента для предельной нормы и определяется по формуле 3:

$$S_d > \Phi R_d. \quad (3)$$

Понижающий коэффициент может быть определен по формуле 4:

$$\Phi = B_R \cdot e^{-\alpha_R \beta_C V_R}, \quad (4)$$

где B_R – это соотношение между реальной способностью элемента и ее номинальным значением, рассчитанным по нормам без учета износа;

α_R – поправочный коэффициент (таблица 3);

V_R – это коэффициент вариации прочности, определяется из тестов и проверок данных о материалах, с учетом надежности этих измерений (10–20%);

β_C – это целевое значение минимально приемлемого уровня безопасности (например, индекс надежности), от 3,3 до 4,3 в проекте, с общим значением 3,8.

Коэффициент Φ принимает значения от 0,5 в случае значительного снижения технического состояния элемента и без технического обслуживания и регулярного осмотра и 1 в случае элемента в хорошем состоянии и проходящего точную проверку.

Метод оценки повреждений основан на оценке конструкции с помощью показателей, которые являются монотонно убывающей функцией времени. Это может быть выражено с точки зрения различных показателей: механических, финансовых, надежности и т.д. Во всех случаях по истечении определенного периода времени «показатель» уменьшается, например, из-за коррозии стали, карбонизации бетона, повторное раскрытие трещин в бетоне, растрескивание и т.д. Основным рассматриваемым требованием в общей стратегии для достижения долговечности является, в частности, решения в отношении заменимости конструкции или отдельных его элементов, обслуживания или длительного срока службы объекта.

Разработка и определение соответствующих показателей эффективности требует постоянного анализа целого ряда вопросов, таких как:

- состояние конструкции/основания;
- источник происхождения нагрузки и условия окружающей среды, в которых конструкция будет эксплуатироваться;
- механизмы деградационных процессов, влияющих на исходную конструкцию;
- тестирование или исследование конструкций, которые являются чувствительными к механизмам деградации и, следовательно, точное обнаружение/отслеживание этих изменений и воздействий, возникающих с течением времени.

Методика основана на определении требований для защиты и ремонтного вмешательства и/или восстановления конструкции. Эти требования разработаны с помощью серии эффективных показателей PI , которые применяются количественно от 4 (плохо) до 1 (хорошо) для определенного критерия.

Общая оценка производится по формуле 5 вычислением так называемого, ремонтного индекса эффективности RPI , который рассчитывается как сумма отдельных показателей PI , умноженных на соответствующий коэффициент значимости Im_{PI} .

$$RPI = \sum_1^n PI \cdot Im_{PI}. \quad (5)$$

Число PI зависит от важности конструкции и условий окружающей среды. Эффективным показателем PI для выполнения ремонтных работ по усилению конструкции может быть:

- нарушение сцепления; трещины между ремонтным составом и основанием;
- трещины на небольшом участке материала;
- коэффициент скорости карбонизации;
- коэффициент распространения хлорид ионов;
- водопоглощение;
- возрастание скорости коррозии;
- удельное сопротивление проницаемости защитного слоя бетона;
- механическая прочность бетона.

В проекте [4] представлена оценка фактического состояния существующих мостов, осуществляемая в некоторых европейских странах, партнерах данного проекта.

Основная цель оценки состояния мостовых конструкций заключается в обнаружении повреждений уже на начальном этапе, проведение обследований и определении причин повреждений. Методики оценки состояния мостовых конструкций, необходимые для обследования и контролирования их состояния, были разработаны во многих странах. Они отличаются друг от друга в некоторых аспектах, а также в способах выражения итогового рейтинга. В некоторых странах такие методики используются уже в течение длительного времени, в других методиках используется опыт прошлых лет, а

другие страны разрабатывают новые или изменяют старые методики. Обзор методик оценки состояния и классификации дефектов производится на основе имеющихся публикаций, трудов и официальных документов стран, а также из личного опыта некоторых участников BRIME проекта [4].

В 1987 году Министерство экономики Австрии выпустило «Методику оценки степени технического состояния мостов», в которой описаны методики и инструкции для проведения оценки мостовых конструкций.

Состояние всей железобетонной и/или предварительно напряженной бетонной конструкции моста описывается 12 характерными категориями повреждений, относящимися к основным элементам моста. Такими категориями являются:

1. Повреждения поверхности бетона, которые бывают 2-х видов:

- повреждения, вызванные низким качеством выполнения работ;
- повреждения, возникающие при длительном использовании конструкции.

Повреждения поверхности бетона делятся на 7 категорий (таблица 4).

Таблица 4. Категории повреждений поверхности бетона

Категория	Описание повреждений
0	Нет повреждений
1	Ухудшение состояния защитного слоя или недостаточная толщина слоев защитного слоя бетона, без каких-либо пустот
2	Деградация защитного слоя бетонной поверхности до 1 мм в глубину, тонкие трещины на бетонной поверхности, частично несвязанные мелкие зерна песка
3	Сильная деградация слоя бетонной поверхности до 4 мм в глубину, трещины на бетонной поверхности, несвязанные более крупные зерна песка
4	Повреждения поверхности бетона до 10 мм в глубину, несвязанные крупные зерна песка, слоистый (чешуйчатый) цементный раствор между зернами
5	Трещины в бетоне вдоль арматуры, следы ржавчины вдоль арматуры
6	Отслоение защитного слоя бетона, оголение арматуры

2. Трещины из-за перегрузок, сосредоточенных нагрузок, осадки или смещение опор, коррозии арматуры и т.д. Ширина раскрытия трещин в зависимости от ширины подразделяется на 3 категории:

- $w \leq 0,2$ мм;
- $0,2 < w \leq 0,4$ мм;
- $w > 0,4$ мм.

Ширина раскрытия трещин в предварительно напряженных железобетонных конструкциях в направлении напрягаемой арматуры должна быть: $w \leq 0,1$ мм или $\leq 0,2$ мм.

3. Раскрытие шва между сегментами свободных консольных конструкций или консолями составных частей конструкций. Классификация ширины раскрытия трещин в швах идентична классификации для других трещин.

4. Повреждения усиления, вызванные недостаточной толщиной защитного слоя бетона или прогрессирующими коррозионными процессами. Они подразделяются на 6 категорий (таблица 5).

5. Элемент напрягаемой арматуры – дефекты вызваны коррозией.

6. Увлажнение бетонной поверхности вызвано повреждением водонепроницаемой оболочки, дефектами дренажной системы, дефектами герметизации стыков и т.д.

7. Опорные шарниры – повреждения зависят от типа шарнира и вызваны низким качеством работ, неправильной установкой, выветриванием, сильной деформацией и т.д.

8. Расширение шва – повреждения вызваны ухудшением водонепроницаемой оболочки, механическими повреждениями из-за больших транспортных нагрузок, плохого обслуживания и т.д.

9. Проезжая часть дороги – повреждения делятся на 8 категорий и описываются в соответствии с причинами повреждений.

10. Дренажные системы.

Таблица 5. Категории повреждений усиления

Категория	Описание
0	Отсутствие коррозии
1	Слабая коррозия на поверхности, средняя глубина коррозии $< 0,1$ мм (глубина точечной коррозии исключена)
2	Слабая и средняя коррозия, более толстый слой продуктов коррозии, средняя глубина коррозии от 0,1 мм до 0,3 мм (глубина точечной коррозии исключена)
3	Сильная коррозия, отдельные толстые слои продуктов коррозии, средняя глубина коррозии от 0,3 мм до 1 мм (глубина точечной коррозии исключена)
4	Очень сильная коррозия, отдельные толстые слои продуктов коррозии, средняя глубина коррозии более 1 мм (глубина точечной коррозии исключена)
5	Очень сильная коррозия с отдельными толстыми слоями продуктов коррозии, средняя глубина коррозии более 1 мм (глубина точечной коррозии исключена), поперечное сечение арматуры значительно уменьшается

11. Мостовое оборудование: перила, преграды безопасности, дорожные знаки, фонарные столбы и т.д.

12. Ландшафт вокруг конструкции моста: склоны берегов рек, склоны набережной и т.д.

Оценка состояния мостовых конструкций выражается рейтингом S , который в общем виде определяется по формуле 6:

$$S = \sum_{i=1}^{32} G_i \cdot k_{1i} \cdot k_{2i} \cdot k_{3i} \cdot k_{4i}, \quad (6)$$

где G_i – тип повреждения. Существует 32 типа повреждений. Значение G_i находится в диапазоне от 1 до 5 и зависит от степени повреждения. Для каждого типа повреждений описываются его масштабы, интенсивность и безотлагательность вмешательства для выполнения детального обследования.

K_{1i} – степень повреждения. Выражается в числовых значениях от 0 до 1. Также может быть описано вербально: мало или незначительно, часто и очень часто или много. Описание, как правило, относится к одному или нескольким компонентам моста или ко всей мостовой конструкции. Степень никогда не определяется количественно измеряемыми размерами (длина, площадь и т.д.) повреждений.

K_{2i} – интенсивность повреждения. Выражается в числовых значениях от 0 до 1. Также может быть описано вербально: мало или незначительно, средне, сильно или очень сильно. Описание интенсивности обычно связано с описанием повреждения (например, ширина трещины и т.д.).

K_{3i} – значимость элемента конструкции. Оценивается между 0 и 1. Элемент конструкции классифицируется как главный, второстепенный или другая часть.

K_{4i} – безотлагательность вмешательства. Оценка дается между 0 и 10 и зависит от типа, важности и угрозы обрушения конструкции или ее частей.

Согласно полученным значениям рейтинга S мостовое сооружение может быть оценено в 1 из 6 классов, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6. Значения рейтинга

Класс повреждения	Определение	Значение рейтинга S
1	Нет или очень незначительные ухудшения	0-3
2	Незначительные ухудшения	2-8
3	От средних до серьезных ухудшений	6-13
4	Серьезные ухудшения	10-25
5	Очень серьезные ухудшения	20-70 ($k_4 = 10$)
6	Очень серьезное или полное ухудшение	> 50 ($k_4 = 10$)

Новая функция оценки предлагается для того, чтобы выразить состояние конструкции в нелинейной форме. В целом функция оценки S должна быть интерпретирована как «процент соответствия пригодности», а не как категория повреждения. Предлагаемая функция определяется по формуле 7:

$$S = \sum_{i=1}^{32} G_i \cdot \sqrt{k_{1i}^2 + k_{2i}^2 + k_{3i}^2} \quad (7)$$

Составляющие формулы k_1 , k_2 и k_3 имеют одинаковые значения и находятся в диапазоне от 0 до 10.

Заключение. На основе проанализированных требований нормативно-технических документов по оцениванию технического состояния строительных конструкций установлено, что в Республике Беларусь и Российской Федерации разработанные рейтинговые оценки позволяют с помощью визуального осмотра конструкций оценить техническое состояние зданий и сооружений. Однако приведенные рейтинговые системы оценки дефектов строительных

конструкций разрозненны, не имеют конкретных количественных критериев оценки, что не позволяет эффективно оценить качество строительных работ, безопасность эксплуатируемых элементов зданий и сооружений. Присвоение строительной конструкции той или иной категории по выявленным дефектам и повреждениям носит в таком случае достаточно субъективный характер и требует для обоснования огромного опыта у эксперта.

В странах Западной Европы представленные рейтинговые системы облегчают эксперту проведение оценки различных элементов конструкции. Для этого создаются специальные каталоги дефектов с их описанием, классификацией дефектов по причине, происхождению и интенсивности.

Таким образом, для решения задач по определению достоверной картины технического состояния конструкции, а также для приведения в современный вид системы ее оценки необходимо создание своей экспертной системы определения категории технического состояния конструкции.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обследование строительных конструкций. Порядок проведения: ТКП 45-1.04-37-2008(02250). – Минск: Минстройархитектуры, 2009. – 43 с.
2. Рекомендации по усилению и ремонту строительных конструкций инженерных сооружений. – М.: ЦНИИС, 1997. – 178 с.
3. Radomir Folić, Damir Zenunović. Durability design of concrete structures part 2: modeling and structural assessment // Architecture and Civil Engineering. – 2012. – Vol. 8. – No 1. – P. 45–66.
4. Brime PL97-2220. Review of current practice for assessment of structural condition and classification of defects // Program 4th framework program. – 1999. – 58 p.

Материал поступил в редакцию 08.05.13

YALOVAYA Yu.S. Rating systems of an assessment of defects of construction designs of buildings and constructions according to technically documents of the various countries

On the basis of the analysed requirements of normative and technical documents for estimation of a technical condition of construction designs it is established that in Republic of Belarus and the Russian Federation the developed rating estimates allow to estimate a technical condition of buildings and constructions by means of visual survey of designs. The problem of creation of expert system of definition of category of a technical condition of a design and reduction in a modern type of system of its assessment is set.

УДК 339.173:69(476)

Кулаков И.А., Пипко Е.В.

ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Введение. В настоящее время в Республике Беларусь удельный вес складских затрат в цене товарной продукции составляет 22,1%, в странах же Евросоюза этот показатель равен 7–11%. В то же время доля транспортно-логистической отрасли в ВВП нашей страны равна 5%, а в Евросоюзе её уровень достигает 15% [1].

Строительство является наиболее значимой для развития территории отраслью. Например, в США, согласно классификации NBER (Национальное бюро экономических исследований), число новых строительных контрактов является ключевым опережающим индикатором деловой активности, на который ориентируются, отслеживая динамику экономических циклов.

Удельный вес строительства в структуре ВВП Республики Беларусь составляет 11 %. Таким образом, логистика и строительство сегодня являются важнейшими хозяйственными сферами в развитии мира и имеют значительный потенциал развития в Республике Беларусь. Законодательно-теоретической базой прогресса в данном направлении являются «Концепция развития строительной отрасли Республики Беларусь на 2011–2020 годы» и «Программа развития логистической системы в РБ до 2015 года». Проблемы развития складского хозяйства в отечественном строительстве поднимались в трудах Атаева С.С., Лысова В.П., Михневича Л.Н., Рубахова А.И., Павлючука Ю.Н., Головач Э.П.

Целью данной статьи является разработка методики оптимизации издержек складского хозяйства в строительстве. Прежде всего необходимо решить задачи, связанные с выбором объема запаса материальных ресурсов и организацию складов.

Логистическая оптимизация складского хозяйства в строительстве. Наличие запаса материальных ресурсов уже само по себе предопределяет выделение определенных мест хранения, т.е. организацию складов. По некоторым оценкам, если все затраты в транспортно-складской логистической системе фирмы принять за 100%, то:

- расходы на транспортировку составят 59%;
- расходы на хранение – 12%;
- административные расходы – 4%;
- прочие расходы – 25% [2].

Принимая в расчет, что основная часть прочих расходов приходится на ссудный процент, связанный с формированием запасов, то можно смело утверждать, что до трети расходов транспортно-складской логистики связано с хранением запасов. В отечественном строительстве расходы на складские операции достигают 5% общей себестоимости строительной продукции, а на ПРП и транспортно-складских работах занято до 14% всего персонала строительной фирмы. Так что не заметить складское хозяйство строительной

Пипко Евгения Викторовна, магистр, ассистент кафедры менеджмента Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.